

産業機器向けモータドライバ IPM SAM212M10BF1 の開発

Development of Motor Driver IPM SAM212M10BF1 for Industrial Equipment

張 允 寧*
Yunyeong Jang

久 我 泰 祐*
Taisuke Kuga

概要 近年、産業機器市場では高電圧大電流モータドライバの需要が高まっている。今回、産業機器向けモータドライバIPM製品として定格電圧1200V、定格電流10AのSAM212M10BF1を開発した。開発に際しては、サンケン電気独自のプラットフォーム開発プログラムであるSPP (Sanken Power-electronics Platform) を適用することで、開発効率向上を図り、同パッケージで複数の製品展開を進めている。

1. まえがき

近年、産業機器市場においてモーターシステムのインバータ化が進んでおり、当社は民生エアコン向けIPMには長年の実績があり、それらを培った技術と経験を基に、業務用エアコンシステムやその他インバータ搭載製品で要求される高電圧大電流に対応した製品群としてSAM2シリーズを拡充させている。既に定格電圧1200V、定格電流10AのSAM212M10BS1を量産しているが、現在、スイッチングとノイズ特性を改善させたSAM212M10BF1を設計し、市場展開に向けて開発を進めている。

また、本製品は開発効率向上を目的としたプラットフォーム技術SPP (Sanken Power-electronics Platform) を用いて開発がおこなわれており、同パッケージを用いた複数製品の開発も順次進行中である。

2. 製品概要

SAM2シリーズの外観写真を写真1に示す。用いられたパッケージ技術と1200Vに対応したチッププロセスを適用し、1200V定格まで対応可能である。その他、シリーズで共通する製品特長を以下に示す。

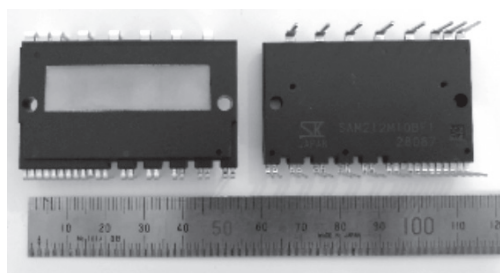


写真1 パッケージ外観

- ・制御電圧最大定格 25V
- ・絶縁耐圧 2500V (1分) 保証
- ・サーミスタ内蔵
- ・各種保護機能搭載
- ・過電流保護保持時間調整可能

現在のSAM2シリーズ (定格電圧1200V) 製品ラインアップを表1に示す。

表1 SAM2シリーズ (定格1200V) 製品ラインアップ

製品名	V_{CES}	I_C	用途	状況
SAM212M10BS1	1200V	10A	産業機器	量産中
SAM212M05BF1	1200V	5A	産業機器	開発中
SAM212M10BF1	1200V	10A	産業機器	開発中
SAM212M15BF1	1200V	15A	産業機器	開発中

*マーケティング本部 パワーモジュール開発統括部
パワーモジュール開発部 開発課

(a) SAM212M10BS1と同等にしながら、サージ電流の発生を防ぐことに成功している。

図5はターンオフ波形を示しており、開発品SAM212M10BF1は流動品(a) SAM212M10BS1よりもテール電流を低減することで、ターンオフ損失 E_{OFF} を改善している。

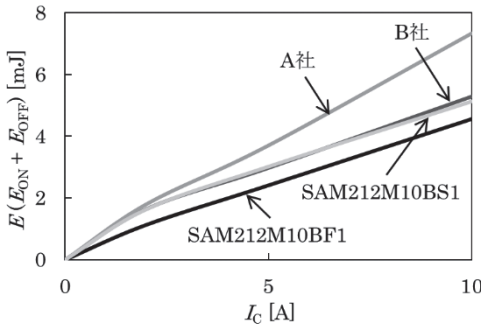
4.2 スイッチング損失およびノイズ特性の比較

図6にハイサイドIGBTスイッチング損失($E_{ON}+E_{OFF}$)、図7に三相変調動作時の放射ノイズ特性の他社(A社, B社)および流動品(SAM212M10BS1)との比較を示す。

図6より、本開発品(SAM212M10BF1)は他社よりもスイッチング損失を小さくすることを実現していることがわかる。

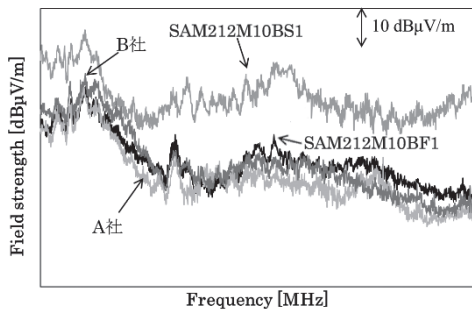
図7より、本開発品は放射ノイズ特性が他社と同等レベルとなっており、流動品から大きく改善していることが分かる。これは、4.1項で記述したターンオン時のサージ電流の発生を防止したことによる効果大きい。

今回、内蔵するIGBTチップについて新規プロセスを採用することで、ターンオン・ターンオフ時の電圧と電流の立ち上がり立ち下りのバランスを改善しており、良好なスイッチング特性とノイズ特性の両立を実現している。



(測定条件: $V_F = 600V$, $V_{CC} = 15V$, $T_j = 150^\circ C$)

図6 IGBTスイッチング損失比較



(測定条件: $V_F = 600V$, $V_{CC} = 15V$, $I_m(rms) = 5A$)

図7 放射ノイズ比較

5. 負電位印加時の誤動作対策

5.1 順回復電圧

本章では、SAM2の1200V定格品シリーズにおける負電位印加時の誤動作対策について説明をおこなう。5.1項では、誤動作の起因となるFWDターンオン時に発生する順回復電圧について説明をおこなう。

FWDターンオン時、FWDは伝導度変調によって内部抵抗値が下がっていくが、導通直後は内部抵抗が十分に下がりきらず、図8に示すように見かけ上の順方向電圧が大きくなる。この電圧を順回復電圧と呼んでいる。特に、1200Vプロセスのような高圧プロセスでは、この順回復電圧が大きくなる。

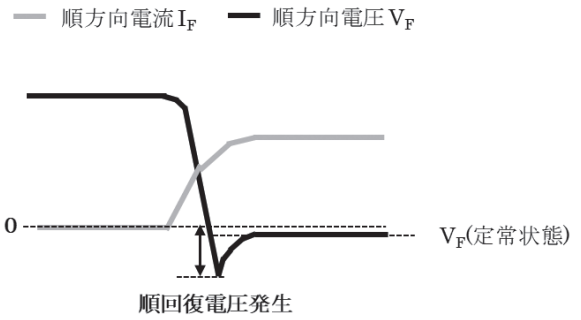


図8 FWDターンオン時の模式図

5.2 負電位発生時の動作

図9にハイサイドスイッチターンオフ時のローサイド電流 I_F (点線)と順回復電圧の状態を示す。ハイサイドスイッチがターンオフすると同時にローサイドFWDがターンオンすることで、ローサイドFWDに順回復電圧が発生する。図9に示すように順回復電圧により発生した電圧が負電位としてVSX端子に印加され、VBX端子電圧も負電位となることでHS_IC内の寄生素子が動作して誤動作を引き起こす。

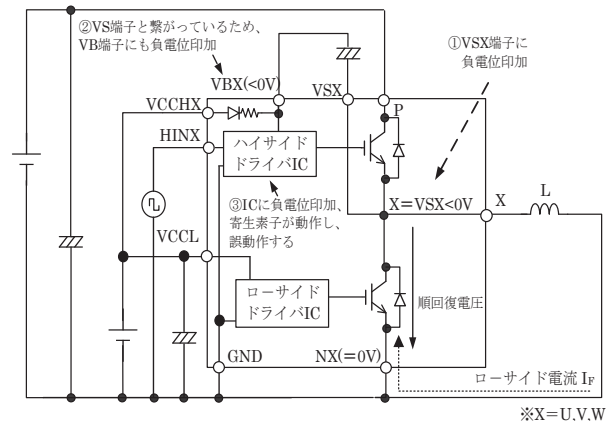


図9 ハイサイドスイッチング回路(順回復電圧発生時)

5.2 負電位印加時の誤動作対策と結果

負電位によるハイサイドドライバIC (HS_IC) の誤動作を防ぐため、HS_ICの負電位耐量強化およびFWDの順回復電圧低減をおこなった。

HS_ICの負電位耐量強化は、ICのレイアウトを変更することで、寄生素子の影響を低減し、負電位耐量強化をおこなっている。表2にHS_ICの負電位耐量評価結果を示す。対策前は-28Vで誤動作が確認されたが、対策後は-190Vの測定限界まで正常動作しており、対策前と比較して6倍以上、負電位耐量が向上している。

FWDの順回復電圧低減は、図10(対策後)のように低抵抗層を追加することで、FWDの内部抵抗を小さくし、順回復電圧低減をおこなった。スイッチング動作でのFRD対策確認結果を図11に示す。対策前のFWDに比べ対策後は最大で42%程度負電位が緩和し、負電位耐量に対して十分な安全マージンを持たせることができた。

表2 負電位耐量比較結果

負電位 [V]	対策前	対策後
-20	誤動作なし	誤動作なし
-28	誤動作発生	誤動作なし
-60	—	誤動作なし
-100	—	誤動作なし
-140	—	誤動作なし
-190	—	誤動作なし

(測定条件：負電圧 = 0~190V / パルス幅 = 0.2μs, V_{CC} = 15V)

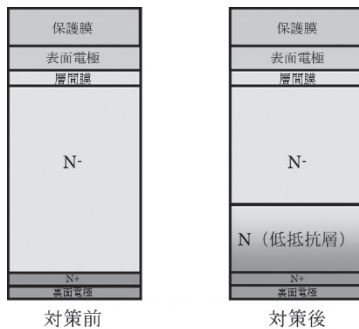
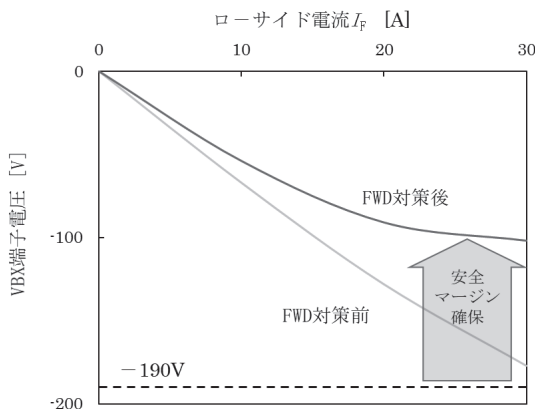


図10 FWDチップ構造イメージ図



(測定条件：V_F = 600V, V_{CC} = 16.5V, T_j = 150°C)

図11 FWD対策確認結果

6. 今後の展開

図12に今後の車載・産機向けIPMの開発ロードマップを示す。今回開発したSAM212M10BF1が属するSAM2パッケージから大別して二つの方向を計画している。一つ目はパッケージサイズを大きくしつつ、より大きな電力容量を扱えるようにするSAM3、そして電力容量はそのままに、パッケージサイズをさらに縮小し、高周波動作にも対応可能なSAM4である。また、新たなデバイスとしてSiC-MOSFETの搭載も計画しており、これらを実現するべく、新たな技術の獲得に取り組んでいる。

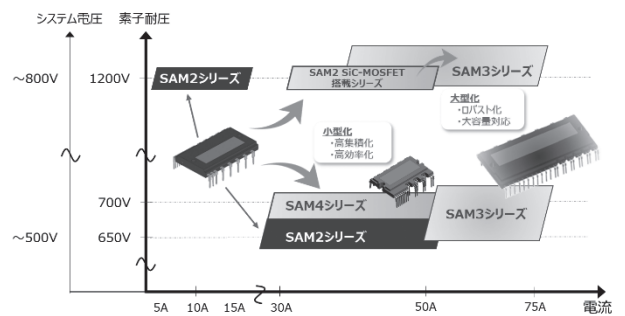


図12 車載・産機向けIPM開発ロードマップ

7. むすび

SAM2シリーズでも定格電圧1200V製品は、1200V特有の問題点を解決しながら開発をおこなってきた。今回、開発製品であるSAM212M10BF1は量産中のSAM212M10BS1より大幅にノイズ特性を改善しているため、多様なアプリケーション対応ができる。

今後の展開として、さらなる低損失化、低熱抵抗化、高周波化、車載対応、製品ラインアップの拡充などをキーワードとして開発を継続していく。